

УДК 594.3:591.5

Д.А.Вискушенко,

аспірант

(Житомирський педуніверситет)

СЕРЦЕВА ДІЯЛЬНІСТЬ *LYMNAEA STAGNALIS* В УМОВАХ ЙОГО ІНТОКСИКАЦІЇ ХЛОРИДОМ ЦИНКУ

*Вивчено вплив хлориду цинку (2, 10 та 18 мг/л) на ритм серцевих скорочень *Lymnaea stagnalis*. На дію досліджених концентрацій токсиканту тварини відповідають прогресуючою тахікардією.*

Останнім часом все більшої актуальності набуває проблема підвищення вмісту іонів важких металів у водоймах усього світу. Так, згідно з існуючими у наш час санітарно-гігієнічними нормами, гранично допустимі концентрації (ГДК) іонів міді та цинку у водоймах становлять 1 мг/л. Фонові концентрації цинку в природних поверхневих водах внутрішніх водойм варіюють від 0,001 до 0,2 мг/л, часом трохи вище [1:2]. Мідь же присутня у природних водоймах (як мікроелемент) звичайно в концентраціях, нижчих за 5 мкг/л [3:4]. Але, внаслідок господарської діяльності людини, вміст вищезгаданих металів у континентальних водоймах нерідко може досягати декількох міліграмів (мідь) і навіть сотень міліграмів на літр (цинк). Крім того, зараз щорічне антропогенне надходження у водне середовище цинку більш ніж у 7, а міді – у 3 рази перевищує таке з природних джерел [5]. Більше того, нерідко спостерігається повне зникнення молюсків на значній ділянці водойми в результаті попадання в неї шахтних вод із родовища важких металів [6]. Це викликає особливе занепокоєння, оскільки важкі метали, на відміну від сполук органічної природи, що розкладаються з часом, не підлягають трансформації, а включаються в біогеохімічні цикли, залишаючись у них протягом тривалого періоду.

Отже, стає цілком очевидною необхідність моніторингу якісного складу та кількісного вмісту важких металів у наших водах. Згідно з сучасними уявленнями, найбільш оперативну інформацію про будь-які зміни у водоймі можуть дати самі гідробіонти, що досить швидко реагують на коливання концентрацій тих чи інших речовин у ній. При таких дослідженнях одним із найуживаніших тест-об'єктів є вторинноводний молюск – ставковик *Lymnaea stagnalis* [7:8:9]. Водночас саме дослідження зрушень у різних фізіологічних процесах організму гідробіонтів, зумовлених впливом на них токсикантів, дозволяють значно покращити точність прогнозів щодо можливих змін у гідроценозах у відповідь на антропогенний пресинг, який, як відомо, постійно зростає. Крім того, вивчення фізіологічного механізму впливу токсикантів на гідробіонтів дозволяє більш точно класифікувати ці речовини за механізмом їх дії [10].

Взявши до уваги все вищезгадане, ми намагалися дослідити вплив іонів важких металів на таку інтегральну тест-функцію ставковика, як темп його серцевих скорочень, що до цього часу не досліджувалося.

Матеріал і методика досліджень: 1189 екз. Ставковика озерного *Lymnaea stagnalis* (Linne, 1758), зібрані в ба-сейні р.Тетерів у травні-липні 2000 р. Висота мушлі піддослідних тварин становить $41,2 \pm 1,5$ мм. Як токсикант нами використано хлорид цинку (ч.д.а.) у концентраціях 2, 10 та 18 мг/л (1-9 ГДК). Темп серцевих скорочень вимірювали після витримування тварин у розчинах токсиканту протягом 2 діб. Контроль за серцевим ритмом у молюсків проводили візуально. Для цього у черепашці скальпелем обережно випилювали отвір $1 \times (1,5-2)$ см (у районі проекції серця) і через мантию слідували за кількістю його скорочень. У кожного молюска заміри проводили три рази, встановлюючи після цього середнє значення кількості скорочень, що припадає на одиницю часу.

Результати та їх обговорення: Нами з'ясовано, що частота серцевих скорочень ставковика в нормі становить у середньому $17,26 \pm 0,6$ уд./хв (амплітуда коливання показника – 10-27 уд./хв). Отримані нами результати добре узгоджуються з даними інших авторів [11], згідно з якими ритм серцевих скорочень ставковиків коливається в межах від 10-15 до 40-60 (рідко до 70-90) уд./хв. Такий великий розмах цього показника пояснюється значними сезонними та віковими змінами його у молюсків [12].

Ритм серцевих скорочень досліджуваного нами об'єкта за однакових інших умов неоднаковий у різних його популяціях і варіює в межах від $15,47 \pm 0,57$ до $18,18 \pm 0,69$ уд./хв (табл.). У чому ж причина цих відмінностей? Адже ми досліджували лише тварин одного віку (однакових розмірів) та за однакових умов середовища ($t = 18-21^\circ \text{C}$; $8,6-8,9$ мг O_2 /л; рН – 7,2-7,5). На наш погляд, у цьому випадку вплив на темп серцевих скорочень імовірно усього справляє гідрохімічний режим водойм, у яких живуть ці гідробіонти. Адже дуже важко, а часом і зовсім неможливо знайти два водоймища, у воді яких були б розчинені одні й ті ж самі речовини та ще й в однакових пропорціях. Отже, не буде перебільшенням сказати, що умови існування в кожній водоймі є своєрідними. Водночас відомо [13], що серцева діяльність *L.stagnalis* знаходиться у тісному зв'язку із зовнішніми осмотичними умовами. Більше того, молюски з різних популяцій живуть у відмінних біотопах, гідрохімічний режим яких є лише одним із багатьох чинників, що впливають на ставковиків. Тому й не дивно, що в популяціях *L.stagnalis*, приурочених до різних водойм, темп серцевих скорочень цих молюсків неоднаковий.

Нами встановлено, що частота серцебиття інвазованих трематодами тварин нерідко вища в порівнянні з незараженими особинами. Так, серце уражених гельмінтами ставковиків скорочується в середньому $18 \pm 0,67$ уд./хв (амплітуда коливання показника – 7-26 уд./хв) (табл.), що на 4,3 % вище, ніж у вільних від інвазії молюсків. Однак у слабо інвазованих тварин (площа паразитарних вогнищ не більша, ніж 1-1,7 \times 1,3-2 мм; кількість – до 4-7 на одну особину) ритм серцевих скорочень порівняно з нормою не змінюється. При інвазії середнього ступеня важкості кількість вогнищ паразитарного ураження звичайно незначна, але їх об'єм, як правило, досягає значних величин (до $\frac{1}{3}$ -S об'єму інвазованого органа). Патологічний вплив паразитів на їх хазяїнів при цьо-

му значно зростає, що призводить до підвищення рівня загального обміну речовин у молюсків. Це дозволяє тваринам, ураженим гельмінтами, протистояти несприятливій дії паразитарного чинника. Одним із проявів цього процесу і є розвиток у молюсків-хазяїнів тахікардії [14]. Досліджуваний нами об'єкт за середньої важкості інвазії збільшує темп серцебиття приблизно в 1,15-1,2 рази. За тяжкої інвазії (об'єм паразитарних вогнищ – більше S об'єму ураженого органу) значення обговорюваного нами показника в більшості випадків різко зменшується (спостерігається яскраво виражена брадикардія).

Як виявилось, різниця значень дослідженої нами тест-функції між контролем та зараженими трематодами тваринами неоднакова у особин із різних популяцій. Так, перевищення значень ритму серцевих скорочень у інвазованих особин *L.stagnalis* над вільними від інвазії екземплярами досягає у миролюбівській, карвінівській та забілочанській популяціях 3, 9 та 9,6 % відповідно. Причина розбіжності в значеннях цього показника криється, на наш погляд, у тому, що в цих популяціях інтенсивність зараження особин трематодами не однакова в силу певних особливостей навколишнього середовища та різного ступеня господарської діяльності людини в конкретних біоценозах. Різна інтенсивність інвазії хазяїнів спричиняє відмінності у рівні зростання загального обміну речовин і, як наслідок цього, у цифровому вираженні зростання ритму серцебиття у ставковиків, що належать до різних популяцій. Вищезгадана залежність між інтенсивністю інвазії та ступенем тахікардії добре “спрацьовує” лише при середній інтенсивності інвазії, але не спостерігається ні при дуже низькому, ні при вкрай високому її рівні. Ми гадаємо, що саме цим пояснюється той факт, що у молюсків соколівської популяції спостерігається зворотна тенденція порівняно з іншими тваринами, а саме: кількість серцевих скорочень у інвазованих особин становить тут $17 \pm 0,74$ уд./хв (табл.), що на 2,8 % менше, ніж у нормальних особин. Ми вважаємо, що причиною такого стану речей є низька інтенсивність інвазії особин у згаданій вище популяції.

Тварини, що належать до різних популяцій, але в однаковій мірі заражені паразитами, часто демонструють неоднаковий рівень тахікардії. Ми спостерігали таке на прикладі карвінівської та миролюбівської популяцій, інтенсивність зараженості *L.stagnalis* трематодами в яких майже однакова. Темп же серцевих скорочень інвазованих особин карвінівської популяції зростає у порівнянні з нормою значно більше (табл.), ніж у тварин із миролюбівської популяції. Ці відмінності пояснюються, на наш погляд, особливостями водойм, із яких було взято молюсків. Водойми відрізняються одна від одної за особливостями гідрохімічного режиму, за ступенем забрудненості різними політантами, швидкістю течії (або її відсутністю), температурою води тощо. Так, чим більшою є швидкість течії у водоймищі, тим нижчою буде температура води у ньому, отже, і ритм серцевих скорочень у молюсків за цих умов має бути дещо сповільненим. І навпаки, якщо водойма стояча або молюсків узято з мілководдя проточної водойми, де течія уповільнена або взагалі не відчутна, а вода добре прогрівається сонцем, у молюсків спостерігається збільшення кількості скорочень серця за одиницю часу.

При дії на *L.stagnalis* розчинами хлориду цинку молюски, відповідно до зростання концентрації токсиканту, відповідають на його дію прогресуючою тахікардією (табл.). Ми, услід за іншими авторами [15], вважаємо, що ступінь збудження (чи пригнічення) організму під впливом токсикантів найчіткіше відображає серцевий коефіцієнт¹. Так, у ставковиків соколівської популяції при 2 мг/л хлориду цинку у середовищі частота серцебиття збільшується на 21 %, тобто СК становить у цьому випадку 121 % (мал.1). Як відомо [16], при попаданні гідробіонтів у отруєне середовище, у них розвивається захисно-приспосувальний процес, що проявляється, передусім, підвищенням рівня загального обміну речовин, наслідком якого і є згадана вище стимуляція серцевої діяльності у ставковика. Встановлено, що молюски з різних популяцій реагують неоднаковим підвищенням кількості серцевих скорочень на одні й ті ж самі концентрації токсиканту. Наприклад, при 2 мг/л хлориду цинку в розчині СК у різних популяціях *L.stagnalis* варіює від 119 до 124 % (мал.1), а ритм серцевих скорочень коливається в межах $20,42 \pm 1,4 - 22,09 \pm 0,91$ уд./хв (табл.). Різниця між мінімальним та максимальним значеннями частоти серцебиття у тварин із різних популяцій становить більше 8 %. Отже, вслід за іншими авторами [17], ми стверджуємо, що існує залежність між витривалістю організму щодо дії на нього токсикантів і характером біотопу, в якому він живе.

¹ Серцевий коефіцієнт (СК) – відсоткове відношення ритму роботи серця у тварин, що перебувають в отруєному середовищі, до його ритму в контрольних особин.

Вплив хлориду цинку на ритм серцевих скорочень (уд./хв) *Lymnaea stagnalis*

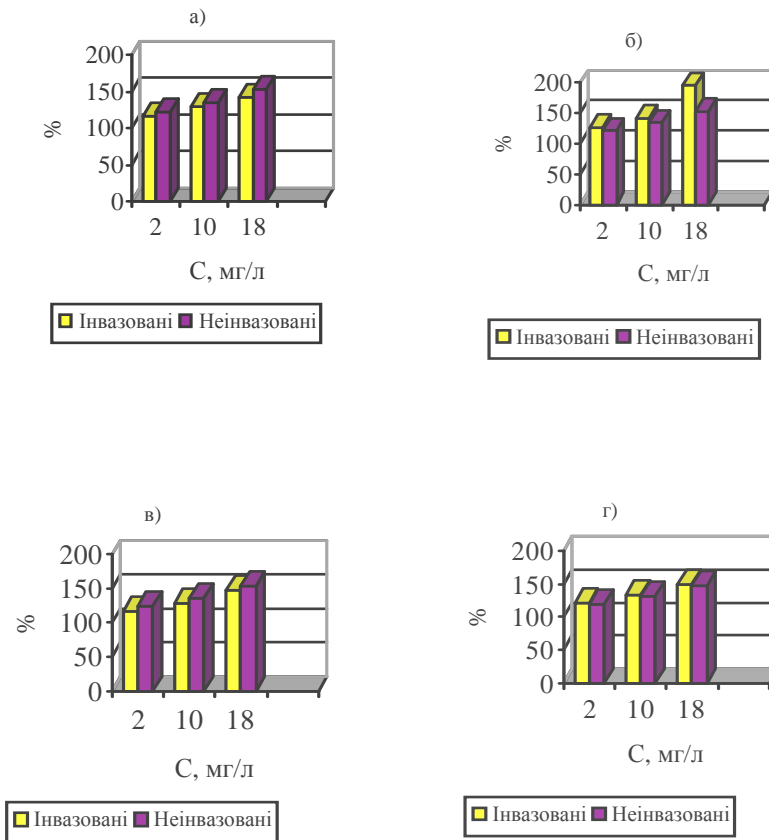
| МІСЦЕ ЗБОРУ | ІНВАЗІЯ | N | СТАТИСТИЧНІ ПОКАЗНИКИ | | | |
|---------------------------------------|----------|-------|-----------------------|-------------------|-------|-------|
| | | | MIN-MAX | $\bar{x} \pm m_x$ | y | V |
| Басейн р.Тетерів, с.Карвінівка | Контроль | | | | | |
| | Немає | 64 | 14-24 | 18,18±0,69 | 5,54 | 30,46 |
| | Є | 36 | 15-24 | 19,83±1,08 | 6,45 | 32,54 |
| | 2 мг/л | | | | | |
| | Немає | 51 | 16-26 | 22,09±0,91 | 6,51 | 29,46 |
| | Є | 25 | 17-27 | 23,25±1,17 | 5,85 | 25,15 |
| | 10 мг/л | | | | | |
| | Немає | 49 | 17-27 | 24,44±1,09 | 7,62 | 31,17 |
| | Є | 36 | 20-28 | 25,51±1,45 | 8,72 | 34,18 |
| | 18 мг/л | | | | | |
| | Немає | 29 | 21-28 | 27,77±1,29 | 6,98 | 25,15 |
| Є | 25 | 20-32 | 28,16±1,66 | 8,30 | 29,48 | |
| Басейн р.Тетерів, Соколівка | Контроль | | | | | |
| | Немає | 49 | 10-27 | 17,47±0,42 | 3,74 | 21,43 |
| | Є | 30 | 7-26 | 17,00±0,74 | 4,07 | 23,95 |
| | 2 мг/л | | | | | |
| | Немає | 44 | 10-35 | 21,19±0,94 | 6,22 | 29,32 |
| | Є | 30 | 11-30 | 21,50±1,19 | 6,50 | 30,24 |
| | 10 мг/л | | | | | |
| | Немає | 39 | 13-32 | 23,36±0,60 | 3,73 | 15,97 |
| | Є | 30 | 14-35 | 24,12±1,02 | 5,59 | 23,19 |
| | 18 мг/л | | | | | |
| | Немає | 46 | 18-39 | 26,57±0,87 | 5,87 | 22,09 |
| Є | 30 | 25-47 | 33,18±1,05 | 5,74 | 17,30 | |
| Басейн р.Тетерів, с.Забілоччя | Контроль | | | | | |
| | Немає | 34 | 11-18 | 16,51±0,67 | 3,88 | 23,51 |
| | Є | 47 | 15-20 | 18,10±0,65 | 4,43 | 24,48 |
| | 2 мг/л | | | | | |
| | Немає | 19 | 17-23 | 20,42±1,40 | 6,09 | 29,81 |
| | Є | 36 | 16-24 | 21,13±1,13 | 6,79 | 32,13 |
| | 10 мг/л | | | | | |
| | Немає | 25 | 19-26 | 22,41±1,14 | 5,71 | 25,46 |
| | Є | 36 | 20-25 | 23,18±0,98 | 5,87 | 25,32 |
| | 18 мг/л | | | | | |
| | Немає | 49 | 21-27 | 25,20±0,78 | 5,48 | 21,73 |
| Є | 26 | 20-29 | 26,87±1,20 | 6,12 | 22,76 | |
| Басейн р.Тетерів, с.Миролубівка | Контроль | | | | | |
| | Немає | 37 | 14-22 | 17,82±0,65 | 3,95 | 22,17 |
| | Є | 36 | 15-23 | 18,35±0,72 | 4,34 | 23,67 |
| | 2 мг/л | | | | | |
| | Немає | 28 | 17-24 | 21,21±1,10 | 5,84 | 27,54 |
| | Є | 42 | 18-26 | 22,35±0,91 | 5,88 | 26,33 |
| | 10 мг/л | | | | | |
| | Немає | 31 | 19-26 | 23,44±1,27 | 7,07 | 30,18 |
| | Є | 52 | 18-27 | 24,55±1,33 | 8,18 | 33,31 |
| | 18 мг/л | | | | | |
| | Немає | 32 | 19-29 | 26,19±1,18 | 6,68 | 25,52 |
| Є | 46 | 22-33 | 27,36±1,00 | 6,78 | 24,78 | |

При 10 мг/л токсиканту в середовищі СК ставковика становить 132-136 %, а при 18 мг/л процес збудження тварин посилюється, і СК досягає величин 147-153 % (мал.1).

Відомо [18:19], що фазність дії токсичних речовин на гідробіонтів – це загальна закономірність. Е.А. Веселов [19] виділяє 5 фаз перебігу патологічного процесу в гідробіонтів: байдужість, стимуляція, депресія, сублетальна та летальна фази. Як вже згадувалось вище, хлорид цинку у використаних у наших дослідках концентраціях призводить до підвищення у *L.stagnalis* загального обміну речовин і, як наслідок, до зростання темпу його

серцевих скорочень. Все це має місце тоді, коли організм перебуває на другій фазі перебігу патологічного процесу – стимуляції. Лише на цій фазі отруєння відбувається мобілізація захисно-приспособних механізмів організму цих та й усіх інших тварин, що дозволяє їм, звичайно, до певної міри, компенсувати ушкодження, спричинені токсикантом.

Інвазія, залежно від її інтенсивності, веде до неоднакової реакції ставковика на дію розчинами хлориду цинку. Так, в особин із соколівської популяції, слабо інвазованих трематодами, СК при 2, 10 та 18 мг/л хлориду цинку в середовищі становить 126, 137 та 195 % відповідно (мал.1). Водночас вільні від інвазії тварини цієї популяції демонструють дещо менше підвищення частоти серцебиття за таких же умов. СК у даному випадку (при 2, 10 та 18 мг/л токсиканту) становить у них 121, 134 та 152 % відповідно. Отже, сумісна дія інвазії та токсиканту призводить у цій популяції до підвищення загального рівня обміну речовин в організмі та мобілізації захисно-приспособних його ресурсів порівняно з неінвазованими особинами. Картина, що спостерігається в інших популяціях, дещо інша. Інтенсивність інвазії тварин із цих популяцій значно більша, ніж в особин із соколівської популяції. Значення СК інвазованих особин тут, як правило, нижче порівняно з неінвазованими тваринами, варіюючи в межах 117-122, 128-134, 142-150 % (при 2, 10 та 18 мг/л хлориду цинку відповідно у воді). Отже, при високій інтенсивності інвазії викликає пригнічення серцевої діяльності в досліджуваного нами об'єкта.



Мал.1 Серцевий коефіцієнт (%) *Lymnaea stagnalis* при дії на нього розчинами хлориду цинку: а) молюски з басейну р.Тетерів, с. Карвінівка; б) молюски з басейну р.Тетерів, Соколівка; в) молюски з басейну р.Тетерів, с. Забілоччя; г) молюски з басейну р.Тетерів, с. Миролубівка.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Алекин О.А. Основы гидрохимии. – Л.: Гидрометеиздат, 1970. – 444 с.
2. Нахшина И.Б. Микроэлементы в водохранилищах Днепра. – К.: Наукова думка, 1983. – 160 с.
3. Патин С.А., Морозов Н.П. Микроэлементы в морских организмах и экосистемах. – М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1981. – 153 с.
4. Hynes H.B.N. The biology of polluted waters. – Liverpool: University Press, 1963. – 202 p.
5. Мур Дж., Рамамурти С. Тяжелые металлы в природных водах. Контроль и оценка влияния. – М.: Мир, 1987. – 288 с.
6. Wurtz Charles B. Zinc effects on fresh-water mollusks // Nautilus. – 1962. – vol.76, №2. – P. 53-61.

7. Строганов Н.С., Колосова Л.В. Изучение токсичности водной среды на брюхоногих моллюсках // Методики биологических исследований по водной токсикологии. – М.: Наука, 1971. – С. 216-218.
8. Аудулев К.К., Брагинский Л.П., Буртная Н.Л. Способ оценки токсичности химических веществ для водных организмов // Авт. Св. СССР, кл. А 01 к 61/00, С 12к 1/10, №381336, заявл. 14.04.71, опубл. 14.08.73.
9. Колосова Л.В., Данильченко О.П., Бузинова Н.С. Использование для токсикологических исследований прудовика обыкновенного // Методы биоиндикации и биотестир. природ. вод. – 1987. – №1. – С. 98-103.
10. Веселов Е.А. Современные проблемы водной и рыбохозяйственной токсикологии в связи с охраной среды от загрязнения // 10-я сессия Учен. сов. по пробл. Биол. ресурсы Бел. моря и внутрен. водоемов Европейск. Севера: Сыктывкар, 1977. – С. 11-13.
11. Стадниченко А.П., Астахова Л.Е., Катериненко А.В., Чирков М.А. Прудовиковые и чашечковые Украины (биология, экология, полезное и вредное значение, методы исследования) // Деп. в УкрИНТЭИ 28.04.1992, №490-Ук.92. – 189 с.
12. Piechocki A. Młczaki(Mollusca). – Poznan: Polska Akad. Nauk, 1979. –187 s.
13. Патрушева О.И. Сердечная деятельность прудовиков в изменяющихся осмотических условиях // Вопр. эволюцион. морфол. и биогеогр.: Казань, 1970. – С. 67-76.
14. Lee F.O., Cheng C.T. Increased heart rate in *Biomphalaria glabrata* parasitized by *Schistosoma mansoni* // J. Invertebr. Pathol. – 1970. – 16, №1. – P.148-149.
15. Брагинский Л.П. Действие гербицидов и альгицидов на водные организмы и биологические процессы в замкнутых и малопроточных водоемах: Дис. ...д-ра биол. наук: 03.00.17 – К., 1972. – 345 с.
16. Биргер Т.И. Метаболизм водных беспозвоночных в токсической среде. – К.: Наукова думка, 1979. – 190 с.
17. Мисечко Л.Е., Стадниченко А.П. Интоксикация *Lymnaea stagnalis*, инвазированных партенитами трематод, сульфатом меди // Паразитология. – 1988. – Т.22. – Вып.1. – С. 96-99.
18. Строганов Н.С., Пожитков А.Г. Действие сточных промышленных вод на организмы (новые пути решения проблемы). – М.: Изд-во МГУ, 1941. – 88 с.
19. Веселов Е.А. Основные фазы действия токсических веществ на организмы // Всесоюзная научная конференция по вопросам водной токсикологии – М.: Наука, 1968. – С. 15-16.

Матеріал надійшов до редакції 27.12.2000 року.

Вискушенко Д.А. Деятельность сердца *Lymnaea stagnalis* в условиях его интоксикации хлоридом цинка.

*Изучено влияние хлорида цинка (2, 10 и 18 мг/л) на ритм сердечных сокращений *Lymnaea stagnalis*. Под действием исследованных концентраций токсиканта животные увеличивают темп сокращений сердца.*

Vyskushenko D.A. *Lymnaea Stagnalis* Heart Activity Under its Poisoning by Zinc Chloride.

**Lymnaea stagnalis* heart activity under its poisoning by zinc chloride was analyzed. Under the influence of zinc chloride investigated concentrations animals increase their heart rate.*